

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Измеритель температуры на основе термоэлектрического измерительного преобразователя	

УДК 681.586.67:536.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б61	Ван Юйхань		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гольдштейн А. Е.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Т. Б.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А. И.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		

Томск 2020г

Планируемые результаты освоения

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>	
Р1	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику
Р2	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности
Р3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде и в обществе, в т.ч. на иностранном языке
Р4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
Р5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Мойзес Б.Б.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
151Б61	Ван Юйхань

Тема работы:

Измеритель температуры на основе термоэлектрического измерительного преобразователя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Род измеряемой величины: температура окружающей среды.2. Диапазон изменения измеряемой величины, °C: 15...80.3. Максимально допустимая относительная погрешность измерения, %: 3.
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор литературы</p> <p>Теоретическая часть</p> <p>Экспериментальное исследование</p> <p>Социальная ответственность.</p> <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</p> <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Т. Б.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А. И.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гольдштейн А. Е.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б61	Ван Юйхань		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
151Б61	Ван Юйхань

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент доплат -0,15; - накладные расходы – 16%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
<i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение затрат на проектирование (смета затрат)
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Карта сегментирования рынка</i>
2. <i>Календарный план график проведения работ</i>
3. <i>Бюджет проекта</i>

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б61	Ван Юйхань		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
151Б61	Ван Юйхань

Школа	ИШНКБ	отделения	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	<p>Объект исследования: Измеритель температуры на основе термоэлектрического измерительного преобразователя</p> <p>Область применения объекта исследования: Используется для промышленного измерения средней температуры</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	
1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	<p>Повышенный уровень шума на рабочем месте</p> <p>Повышенный уровень электромагнитных излучений</p> <p>Недостаточное освещение рабочей зоны</p> <p>Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте</p>
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	<p>электробезопасность</p> <p>пожар</p> <p>взрывобезопасность</p>
2. Экологическая безопасность	<p>требования экологической безопасности при разработке, производстве, эксплуатации, обслуживании, ремонте и утилизации электроприборов (электрооборудования)</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<p>в задании по разделу: правила пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>компоновка рабочей зоны.</p> <p>режимы труда и отдыха</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А. И.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б61	Ван Юйхань		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 69 с., 20 рис., 18 табл., 14 источников.

Ключевые слова: температура, тепловой преобразователь, объект контроля, термоэлектрический преобразователь, измерение, погрешность.

Объектом исследования является контактный измеритель температуры на основе термоэлектрического измерительного преобразователя.

Цель работы – анализ возможности использования термоэлектрического измерительного преобразователя для контактного измерения температуры в конкретных условиях контроля.

В процессе исследования проводились: обзор литературы по теме, экспериментальные исследования, анализ результатов экспериментов, разработка структурной схемы измерителя температуры и алгоритма вычислительного преобразования сигналов измерительной информации.

В результате исследования показана возможность использования термоэлектрического измерительного преобразователя для контактного измерения температуры в заданных условиях контроля.

Степень внедрения: результаты исследования будут использованы для создания лабораторных работ для студентов.

Область применения: контроль технических объектов.

Экономическая эффективность/значимость работы: в сравнении с другими методами контроля, термоэлектрический метод является наиболее эффективным для решения поставленной задачи.

Оглавление

Введение.....	10
Глава 1. Обзор методов и средств преобразование температуры в электрический сигнал.....	11
1.1 Термоэлектрическая (термопара).....	12
1.2 Терморезистивные датчики.....	13
1.3 Полупроводниковые терморезистивные датчики.....	15
1.4 Акустический датчик температуры.....	16
Глава 2. Теоретическая часть оборудования.....	18
2.1 Физические основы термоэлектрическое измерительного преобразование.....	18
2.2 Конструкция термоэлектрического преобразователя.....	22
2.3 Экспериментальное и теоретическое исследование функции.....	25
2.4 Структурная схема измерителя температуры.....	33
2.5 Схема включения термопары.....	34
Глава 3. Экспериментальное исследование.....	35
3.1 Экспериментальное и теоретическое исследование функции преобразования.....	35
3.2 Методические рекомендации по выполнению лабораторных исследований.....	36
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение.....	40
4.1 Планирование научно-исследовательских работ.....	40
4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	40
4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	42
4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	43
4.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	47
4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	48
4.2.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	49
4.2.3 Основная заработная плата.....	49
4.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	51
4.2.5 Накладные расходы.....	52
4.2.6 Смета затрат на разработку.....	52
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53
Глава 5. Социальная ответственность.....	56
5.1 Производственная безопасность.....	56

5.1.1 Анализ вредных факторов при разработке и эксплуатации схемы синхронизации лазерного монитора.....	56
5.1.2 Анализ опасных факторов при разработке и эксплуатации устройство синхронизация лазерного монитора.....	62
Заключение.....	66
Список используемой литературы.....	67

Введение

Тепло является неотъемлемой частью жизни. Однажды мы попытались оценить силу, измерив температуру. Измерение теплового расширения различных материалов - самый простой и распространенный метод определения температуры. Все жидкостные стеклянные термометры основаны на этом принципе. В принципе электрических преобразователей применяется несколько других принципов обнаружения.

Измерение температуры всегда включает передачу небольшого количества тепловой энергии от объекта к датчику, который должен преобразовывать энергию в электрический сигнал. Когда контактный детектор (зонд) размещается внутри или на объекте, происходит теплопередача между объектом и зондом за счет теплопроводности. В этом случае чувствительный элемент, который является частью зонда, нагревается или охлаждается.

Глава 1. Обзор методов и средств преобразования температуры в электрический сигнал

Датчики температуры есть практически в любом современном устройстве. Это устройство позволяет измерять температуру объекта или вещества, используя различные характеристики и характеристики измеряемого объекта или среды. Хотя все датчики температуры предназначены для измерения температуры, различные типы датчиков измеряют совершенно разными способами. Рассмотрим подробнее принцип работы и характеристики основных типов датчиков температуры.

Согласно принципу измерения, все датчики температуры разделены:

- Термоэлектрическая (термопара);
- Термальное сопротивление;
- полупроводник;
- Акустическое;
- Пирометр;
- Пьезоэлектрический тип.

1.1 Термоэлектрическая (термопара)

Термоэлектрический преобразователь представляет собой термопару, состоящую из двух различных проводников или полупроводников. При различных температурах спаев возникает термо ЭДС.



Рисунок 1. Термоэлектрические датчик температуры (термопары)

Температурный диапазон, измеренный с помощью термопары, составляет от -200 до 2200 градусов, а диапазон измерения зависит от материала, используемого для преобразователя. Например, термопара, изготовленная из дешевого металла, имеет максимальную температуру измерения 1100°C . Дорогая металлическая термопара (платиновая группа) имеет диапазон измерений от -1100°C до 1600°C .

Если нужно измерить температуру выше этого, используются жаропрочные сплавы (основа вольфрама). Как правило, он используется в сочетании с милливольтметром, а свободный конец (конструктивно выведенный на головку) удаляется из среды с помощью удлинительного провода. Одним из недостатков термопары является довольно большая погрешность. Наиболее распространенным способом использования термопар являются электронные термометры.

1.2 Терморезистивные датчики

Как следует из названия, принцип работы этого типа датчика заключается в том, что сопротивление проводника изменяется в зависимости от температуры. Из-за своей простой и надежной конструкции этот тип датчика широко используется в таких отраслях, как электроника и машиностроение. Преимуществами этих датчиков являются высокая точность, высокая чувствительность и простота считывания.

Сопротивление некоторых твердых материалов току и процессу рассеяния проводящих электронов обусловлено столкновением проводящих электронов и примесей, дефектом локального фиксированного центра фонона и тепловыми колебаниями решетки.. Другим фактором, влияющим на сопротивление, является концентрация свободных электронов в материале, которая определяется уровнем свободной энергии зонной диаграммы. Математическим выражением этих факторов является обратная зависимость между удельным сопротивлением и средней длиной свободного пробега электрона и его эффективной плотностью.

На концентрацию проводящих электронов в большинстве металлов изменения температуры практически не влияют, но с ростом температуры рассеяние электронов на фононах будет увеличиваться. Поэтому при нагревании сопротивление проводника увеличивается.

Зависимость значения сопротивления проводника от температуры в малом температурном диапазоне. Это линейно:

$$R(\theta) = R_0[1 + \alpha_c(\theta - \theta_0)]$$

где $R(\theta)$ – Резистивность проводника при температуре θ ; R_0 – Резистивность проводника при температуре θ_0 ; α_c – температурный коэффициент сопротивления (ТКС).

В большом диапазоне температур температурная зависимость сопротивления является нелинейной. Поэтому, чтобы измерить преобразование, которое требует высокой точности, температурная зависимость сопротивления является приблизительно полиномом третьего порядка вида:



Рисунок 2. Терморезистивные датчики

Примером датчика теплового сопротивления является модель ANOLOG DOL12 SCOV, начальное сопротивление которой составляет 18 кОм, а диапазон измерения температуры: от -15 градусов до +45 градусов. Он изготовлен из платиновой пластины и никелевых контактов. Широко используется в технике, используемой в электронной промышленности и промышленности.

1.3 Полупроводниковые терморезистивные датчики

Принцип работы этого типа датчика заключается в изменении характеристик перехода рп под воздействием температуры.

В полупроводниках с ростом температуры электрическая проводимость резко возрастает. Температура оказывает такое же влияние на проводимость полупроводника, как и другие энергетические эффекты: механическая деформация, оптика и ионизирующее излучение.



Рисунок 3. Полупроводниковые терморезистивные датчики

Температурная зависимость удельного сопротивления полупроводника имеет очевидные нелинейные характеристики.

Для сравнения показана аналогичная зависимость от металла (платины). Соотношение этих анализов показали, что сопротивление термистора более чувствительна к изменениям температуры, но по сравнению с платиновым

сопротивлением термистор характеризуется большей нелинейностью в корреляции R (θ). Температурная зависимость полупроводникового резистора может быть аппроксимирована различными функциями, но наиболее распространенным является экспоненциальным выражением:

$$R = R_0 [\exp \beta (\frac{1}{\theta} - \frac{1}{\theta_0})]$$

где R_0 и R – сопротивления при температурах θ_0 , К и θ , К; β , К – температурный коэффициент, зависящий от материала полупроводника.

Сравненный с металлом, термистор полупроводника обладают преимуществами низкой стоимости и высокой точности данных. Недостатком является то, что передаточная функция $R(\theta)$ очень нелинейная, она сильно зависит от химического состава материала, а диапазон измерения температуры небольшой (обычно $-50 \dots +150$ °С). Для термопар и металлических термисторов этот диапазон составляет $-200 \dots +2500$ °С.

Датчик LM75A является примером такого устройства. Диапазон температур составляет от -55 °С до $+150$ °С, а погрешность измерения составляет ± 2 °С.

1.4 Акустический датчик температуры

Принцип действия этого устройства заключается в изменении скорости акустической волны при изменении температуры среды. Изменение температуры среды рассчитывается исходя из скорости распространения звуковых волн в веществе.



Рисунок 4. Акустический датчик температуры

Этот бесконтактный метод позволяет измерять температуру объекта в закрытой полости и в среде, которая не может быть измерена напрямую. Такие датчики широко используются в медицине и промышленности.

1.5 Пирометры

Бесконтактный датчик температуры может считывать излучение, генерируемое нагревательным органом. Устройство такого типа позволяет измерять температуру дистанционно, не находясь близко к окружающей среде, где производится измерение. Это позволяет выполнять измерение температуры на высокотемпературных и очень горячих объектах, не приближаясь.



Рисунок 5. Пирометры

Все пирометры подразделяются на интерферометрические, флуоресцентные и сенсорные в зависимости от того, как раствор изменяется с температурой.

1.6 Пьезоэлектрические датчики температуры

Все эти датчики используются с кварцевыми пьезоэлектрическими резонаторами. Суть данной работы - прямой пьезоэффект, то есть линейное изменение размера пьезоэлемента под воздействием тока. Когда переменный ток разных фаз подается на определенную частоту, пьезоэлектрический резонатор будет колебаться с частотой, зависящей от температуры. Зная эту зависимость, данные о частоте колебаний резонатора могут быть



Рисунок 6. Пьезоэлектрические датчики температуры

легко преобразованы в температуру.

Благодаря диапазону измерений и высокой точности датчик в основном используется в исследованиях и экспериментах, где требуется высокая надежность и долговечность.

Глава 2 Теоретическая часть оборудования

2.1 Физические основы термоэлектрическое измерительного преобразование

Термоэлектрическое измерительное преобразование основано на использовании *термоэлектрического эффекта*, сущность которого заключается в возникновении термо-эдс в цепи, состоящей из двух разнородных проводников или полупроводников (термоэлектродов) при различных температурах их спаев.

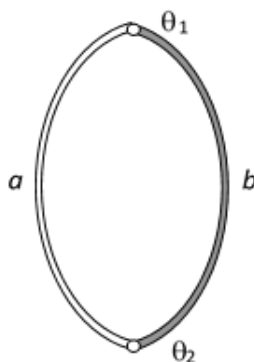


Рисунок 7. Термоэлектрическая цепь

Возникновение термо-эдс e_θ в замкнутой электрической цепи из двух проводников a и b (рис. 7) при различных температурах θ_1 и θ_2 их соединений (спаев) объясняется суммарным действием двух термоэлектрических эффектов: явления Томсона и явления Зеебека.

Это явление было открыто британским физиком В. Томсоном в 1856 году, которое должно было установить градиент температуры с определенной разностью потенциалов $e_T(\Delta\theta)$ на конце проводника (рис. 8). Для однородного проводника значение эдс $e_T(\Delta\theta)$ пропорционально разности температур

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1:$$

$$e_T(\Delta\theta) = \psi_T \Delta\theta, \quad e_T(\Delta\theta) = \psi_T \Delta\theta,$$

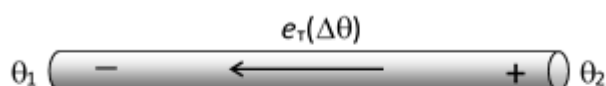


Рисунок 8. Возникновение в проводнике эдс Томсона при разной температуре его концов: $\theta_1 < \theta_2$

где ψ_T – Коэффициент Томсона для конкретного материала проводника.

Причина электродвижущей силы Томсона заключается в том, что электроны диффундируют от более горячего к более холодному концу.

Суть явления сформулировала немецкий физик т. Зеебек обнаружил в 1821 году, что в точке соприкосновения появились два разных проводника(рис. 9) эдс $e_3(\theta)$, считающейся функцией температуры контакта θ . В приблизительно электродвижущая сила Зеебека пропорциональна температуре контакта:

$$e_3(\theta) = \psi_3 \theta,$$

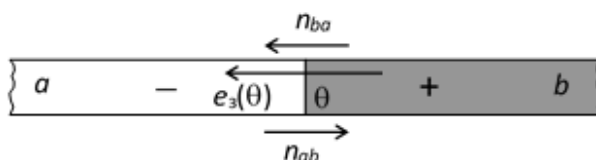


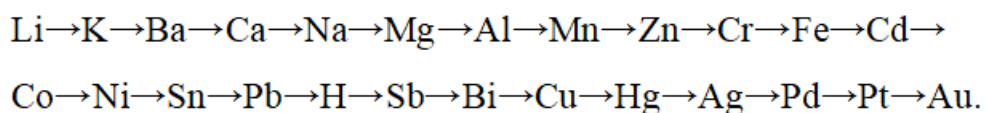
Рисунок 9. Возникновение эдс Зеебека в месте контакта двух разнородных проводников: $n_{ab} < n_{ba}$

где ψ_3 – коэффициент, отражающий комбинацию контактных материалов.

Можно предположить небольшой диапазон изменений температуры, что ψ_3 фактически не зависит от температуры. В более широком интервале температур следует учитывать некоторую нелинейность этого замещения.

Если энергия электронов, выходящих из материала проводника a , больше энергии электронов, выходящих из материала проводника b , электронный номер n_{ab} , количество электронов от a до b будет меньше, чем количество электронов n_{ba} , переход от b к a . В конечном счете, проводник a получает отрицательный потенциал по отношению к проводнику b .

Ряд электрохимических активностей металлов представляет собой порядок, в котором стандартный электрохимический потенциал металла увеличивается, а окислительно-восстановительная активность водного раствора ϕ_0 уменьшается:



Общая тепловая ЭДС-диаграмма в цепи. 7 равно сумме всех генерируемых в ней ЭДС:

$$e_{\theta} = e_{tb}(\Delta\theta) - e_{ta}(\Delta\theta) + e_3(\theta_2) - e_3(\theta_1),$$

где $e_{ta}(\Delta\theta)$ и $e_{tb}(\Delta\theta)$ – Томсоновские электродвижущие силы генерируются в проводниках a и b ; $e_3(\theta_1)$ и $e_3(\Delta\theta_2)$ – Электродвижущая сила Зеебека появляется на первом и втором соединениях соответственно. Обозначение терминов учитывает различные направления электродвижущей силы.

Для небольших разниц в узлах мы можем предположить, что тепловой потенциал e_{θ} пропорционален разности температур:

$$e_{\theta} = k \Delta \theta,$$

где k – Коэффициент тепловой электродвижущей силы (удельная тепловая электродвижущая сила) различен для разных комбинаций металлов.

В широком интервале температур термоэлектрический коэффициент описывается уравнением второго порядка:

$$k = k_0 + k_1 \Delta \theta + k_2 (\Delta \theta)^2,$$

где k_0, k_1, k_2 – Эти коэффициенты зависят от комбинации контактных металлов.

В таблице 1 приведены приблизительные значения коэффициентов термоэлектродвижущей силы некоторых металлов относительно свинца.

Таблица 1. Значения k по отношению к нескольким металлам к Pb

<u>Материал</u>	<u>k, мкВ/К</u>	<u>Материал</u>	<u>k, мкВ/К</u>
<u>Сурьма</u>	+43	<u>Олово</u>	–0,2
<u>Железо</u>	+15	<u>Алюминий</u>	–0,4
<u>Вольфрам</u>	+3,6	<u>Платина</u>	–4,4
<u>Медь</u>	+3,2	<u>Натрий</u>	–6,5
<u>Цинк</u>	+3,1	<u>Никель</u>	–20,8
<u>Золото</u>	+2,9	<u>Константан</u>	–38
<u>Свинец</u>	0,0	<u>Висмут</u>	–68,0

Термоэлектрическое преобразование измеренного значения может использоваться можно не только преобразовать температуру в электрический сигнал, но и получить информацию о химическом составе металла в контакте (в этом случае разница в температуре перехода должна быть известна).

Если температура на обоих концах одинакова, то включение других проводников в цепь (рисунок 7) не приведет к изменению общей тепловой ЭДС e_θ . Это позволяет включать ЭДС-метр в схему, не искажая полученную измерительную информацию.

2.2 Конструкция термоэлектрического преобразователя

На рис. 10 показана схематично конструкция универсального преобразователя.

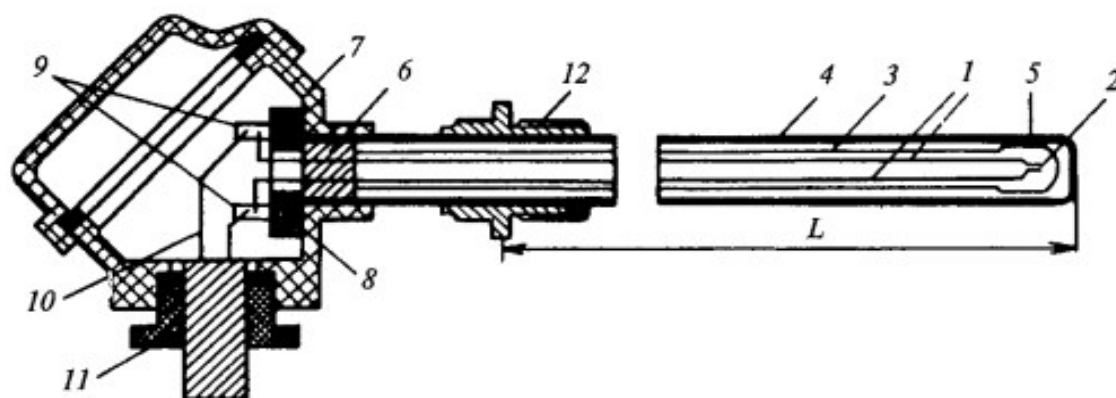


Рис. 10. Конструкция промышленных преобразователей напряжения.

1 электрод, 2 рабочих элемента, 3 трубы, 4 защитных устройства, 5 керамических головок, 6 наполнителей, 7 головок, 8 компонентов, 9 устройств, 10 удлинителей, 11 герметичных входов и 12 монтажных элементов теплообменника

Для измерения температур до 1000°C используются кварцевые трубки. Для измерения температур до 1400°C используются фарфоровые трубки. При более высоких температурах используются оксиды металлов: алюминий, магний, бериллий и др. На фиг.4 изолятор 3 показан в виде изолятора, который представляет собой стержень с двумя продольными отверстиями, через которые проходят электроды. Керамический наконечник 5 можно использовать для защиты рабочего блока. Материал, используемый для укрепления защитного слоя 4, обычно из нержавеющей стали (до 900°C) и специальных сплавов используются при высоких температурах.

Фитинг заканчивается головкой 7, в которой установлен узел 8 с зажимом 9, электрод термопары соединен с головкой 8, а удлинительная линия 10 датчика температуры выполнена через герметичный входной конец 11. Внутреннюю полость защитного фитинга можно закрыть, заполнив верх. Элемент 12 (например, аксессуар) может быть расположен на внешней поверхности усиления. Установка защитного армирования на объект. Защитные насадки могут отсутствовать, или насадки могут быть съемными (на низковольтных носителях). Длина крепежной детали L в различных модификациях равна (0,08... 2,5) м, и диаметр рабочей части - (5 ... 25) мм.

Вот рисунок. 10 показана конструкция изоляции рабочих узлов от защитных приспособлений. В некоторых конструкциях рабочие стыки приварены к крышке или прижаты к ней. Это уменьшает инерцию преобразователя, но значительно снижает помехоустойчивость измерительного канала, особенно при заземлении в любой точке входного элемента потенциометра. Это связано с тем, что рабочий узел заземлен через его арматуру и защитную крышку и заземлен в другом месте, чем заземление измерительного устройства. В этом случае образуется паразитная цепь, и из-за разности потенциалов в точке заземления на входе вторичного устройства появляется паразитный сигнал, который не может быть устранен входным фильтром. Поэтому рекомендуется использовать преобразователи с изолированными рабочими узлами.

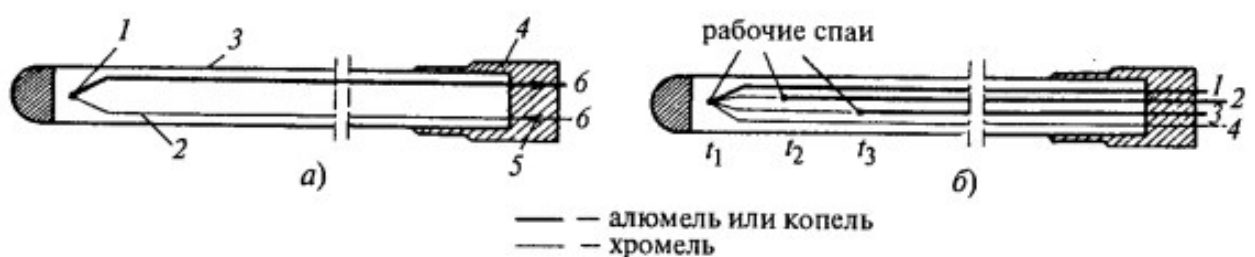


Рисунок. 11. Термоэлектрические датчики для специальных применений:

Материал корпуса - нержавеющая сталь. Из-за меньшего диаметра теплообменника электроды очень тонкие (до 0,2 мм) и имеют большое линейное

сопротивление. Чтобы увеличить прочность и уменьшить сопротивление измерительной цепи в втулке 4, они состоят из более толстых проводников того же материала, которые являются проводниками. Имеются преобразователи с тонкой или плоской рабочей зоной.

В качестве изолятора можно использовать оксид алюминия, который обладает хорошими изоляционными свойствами до 1200°C, устойчив к излучению, как оксид магния, он также гигроскопичен (хотя он не расширяется во влажном состоянии).

Его недостатком является твердость зерна, что не обеспечивает плотную упаковку и, как следствие, высокую изоляцию. Для измерения температуры до 2000°C можно использовать оксид бер, недостатком которого является токсичность.

Используемый материал-сталь с высоким содержанием никеля. При изготовлении теплообменника важно следить за качеством изоляции между электродами и корпусом. Наличие трещин в изоляции или газовых полостей приведет к снижению сопротивления под воздействием излучения и появлению ионизирующих токов. Поэтому необходимо проверить герметичность корпуса и измерить сопротивление изоляции. Согласно существующим стандартам, сопротивление должно быть не менее 1000 мом.

Для измерения температуры в нескольких точках используется многозонный кабельный теплообменник (Рисунок 11, б).

Удлиненные термоэлектрические провода обычно используются в виде пары изолированных проводов (0,2 ... 4) мм² в общем корпусе. Изоляция провода и корпуса определяется условиями монтажа. Для защиты от шума провода экранированы металлической оплеткой. Поскольку каждый удлинительный провод должен быть подключен к определенному электроду теплообменника, оплетка или цветной провод в изолированном проводе имеет определенный цвет.

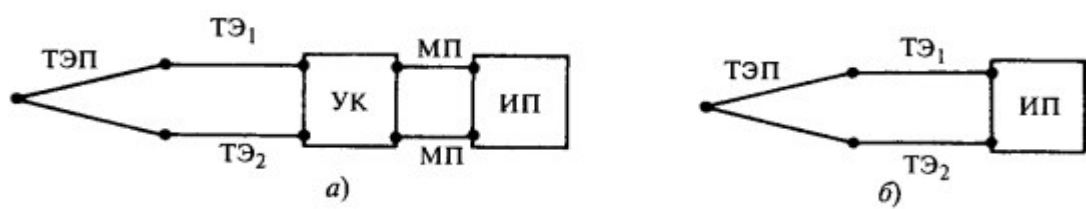


Рисунок 12. Размещение измерительного спая на свободном конце (а) и в устройстве коррекции (б)

2.3 Экспериментальное и теоретическое исследование функции

Термоэлектрические датчики - это устройства, которые преобразуют изменения температуры в изменения электричества. Он измеряется с использованием зависимости производительности определенных материалов или компонентов от температуры. Например, изменение температуры преобразуется в изменения сопротивления, термоэлектродвижущей силы, теплового расширения, магнитной проницаемости и т. Д., И затем цель обнаружения температуры достигается с помощью соответствующей измерительной схемы.

Термоэлектрический датчик, который преобразует изменение температуры в электрический потенциал, называется термопарой; термоэлектрический датчик, который преобразует изменение температуры в значение сопротивления, называется тепловым сопротивлением.



Рисунок 13. Термическое сопротивление (а), термопара (б)

Термопара - это датчик температуры, выполненный с использованием термоэлектрического эффекта. Так называемый термоэлектрический эффект заключается в том, что два проводника (или полупроводника) из разных материалов образуют замкнутый контур. Когда температуры T и T_0 двух контактов различны, в контуре возникнет явление электродвижущей силы. Электродвижущая сила, создаваемая термоэлектрическим эффектом, включает контактную электродвижущую силу и электродвижущую силу разности температур. Контактная электродвижущая сила - это электродвижущая сила, образованная на контакте из-за разной плотности

свободных электронов двух разных проводников. Значение зависит от свойств материала двух разных проводников и температуры точки контакта.

Существует микроскопическое объяснение термоэлектрического потенциала: когда два разных металла контактируют друг с другом из-за разной плотности свободных электронов в разных металлах, диффузия свободных электронов будет происходить в точках контакта металлов А и В. Свободные электроны будут диффундировать от плотного металла А к металлу В низкой плотности, так что А теряет свои положительно заряженные электроны, а В получает отрицательно заряженные электроны, тем самым генерируя термоэлектрический потенциал. Возникающая в цепи термопары ЭДС является результатом действия эффектов Зеебека и Томпсона. Первый связан с появлением ЭДС в месте спая двух разнородных проводников, причем величина ЭДС зависит от температуры спая. Эффект Томпсона связан с возникновением ЭДС в однородном проводнике при наличии разности температур на его концах.

Развиваемая термоЭДС зависит от значения обеих температур t и t_0 , причем она увеличивается с ростом разности $(t - t_0)$. В силу этого термоЭДС термопары условно обозначается символом $E(t, t_0)$.

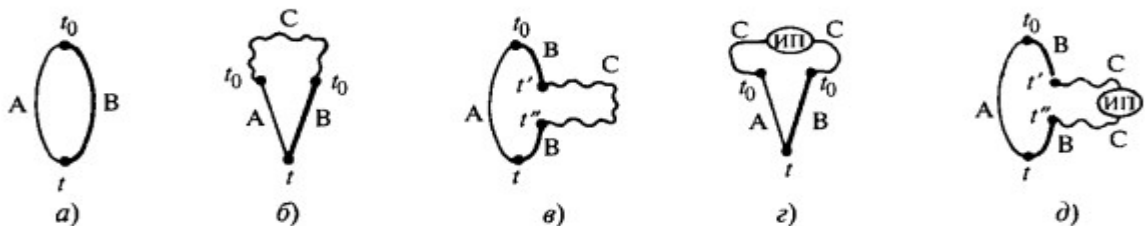


Рисунок. 14. Цепи термопар:

а — соединение двух проводников; б, в — варианты включения третьего проводника; г, д варианты включения измерительного прибора ИП

Для понимания дальнейшего материала обратимся к «теореме о третьем проводнике». Суть ее (без доказательства) следующая: включение в цепь термопары третьего проводника из любого материала «С» (на всех схемах он изображен волнистой линией) не вызывает искажения термоЭДС, если температуры мест присоединения этого проводника одинаковы. Поэтому термоЭДС, развиваемые в схемах (рис. 14, б, в), будут одинаковыми, если только будут равны между собой температуры t' и t'' , т.е. при соблюдении условия $t' = t''$. На основании изложенного можно представить два способа включения измерительного прибора (ИП) в цепь термопары: в разрыв свободных концов (рис. 13, г) или в разрыв электрода (рис. 14, д).

Теоретически, любые два разных проводника (или полупроводника) могут быть сконфигурированы как термопары, но как практический элемент измерения температуры требования к нему разнообразны.

Чтобы обеспечить надежность в инженерных технологиях и достаточную точность измерений, не все материалы могут образовывать термопару. Как правило, основными требованиями к электродным материалам термопар являются:

(1) В пределах диапазона измерения температуры термоэлектрические свойства стабильны, не изменяются со временем, имеют достаточную физическую и химическую стабильность, и их нелегко окислять или подвергать коррозии;

(2) Температурный коэффициент сопротивления мал, проводимость высока, а удельная теплоемкость мала;

(3) термоэлектрический потенциал, генерируемый во время измерения температуры, больше, и линейная зависимость между термоэлектрическим потенциалом и температурой является линейной или близкой к линейной однозначной функции;

(4) Материал обладает хорошей воспроизводимостью, высокой механической

прочностью, простым производственным процессом и низкой ценой.

Термопара является основным элементом средств измерения температуры — термоэлектрических преобразователей (ТЭП).

Факторы влияния датчика термопары зависят от материала и температуры соединения и не имеют ничего общего с формой и размером.

Когда два горячих электрода одинаковы, общая электродвижущая сила равна 0, а когда температура двух контактов одинакова, общая электродвижущая сила равна 0. Для выбранной термопары, когда эталонная конечная температура t_0 постоянна, $e_{AB}(t_0) = C$ является константой, тогда общая тепловая ЭДС представляет собой только однозначную функциональную зависимость с температурой t , а именно:

$$E_{AB}(t, t_0) = f(t) - f(t_0) = f(t) - C = \varphi(t)$$

Можно видеть, что до тех пор, пока измеряется размер $e_{AB}(T, T_0)$, измеренная температура t может быть получена, что является принципом измерения температуры с использованием термопар.

В соответствии с ГОСТ Р50431-92 в табл. 2 приведены пределы длительного (кратковременного) применения для различных термопар ТЭП, имеющих следующие обозначения:

ТВР (А) — вольфрамрений-вольфрамрениевые;

ТПР (В) — платинородий-платинородиевые;

ТПП (S, R) — платинородий платиновые;

ТХА (К) — хромель-алюмелевые;

ТХК (L) — хромель-копелевые;

ТХК (Е) — хромель-константановые;

ТНН (N) — никросил-нисилловые;

ТМК (Т) — медь-константановые;

ТЖК (J) — железо-константановые.

Таблица 2. Стандартные термоэлектрические преобразователи - термопары

Подгруппа ТЭП (термопары)	Условное обозначение НСХ	Диапазон длительного (кратковременного) применения, °С	Коэффициент преобразования мВ/°С * 10 ³
ТВР	ВР(А)-1 (А-1)	0...2200 (2500)	12,1...9,2
	ВР(А)-2 (А-2)	0...1800 (2500)	11,8...11,4
	ВР(А)-3 (А-3)	0...1800 (2500)	11,9...11,3
ТПР	ПР(В)	300...1600 (1800)	3,1...5,9
ТПП	ПП(S)	0...1300 (1600)	5,5...12,1
	ПП(R)	0...1300 (1600)	5,4...14,1
ТХА	ХА(К)	-200...1000 (1300)	16,1...39,0

ТХК	ХК (L)	-200...600 (800)	28,5...87,8
	ХК (E)	-200...700 (900)	26,3...79,8
ТНН	НН(N)	-270...1300(1300)	0,9...36,2
ТМК	МК(T)	-200...700 (900)	16,4...61,7
ТЖК	ЖК (J)	-200...700 (900)	23,1...62,0

Правильное использование термопар позволяет не только точно получить значение температуры, обеспечить квалификацию продукта, но и сэкономить расход материалов термопар, сэкономить деньги и обеспечить качество продукции. Неправильная установка, теплопроводность и временные ошибки являются основными ошибками при использовании термопар.

(1) Ошибки, вызванные неправильной установкой.

Термопара не должна устанавливаться слишком близко к двери и месту нагрева, а глубина вставки должна быть не менее чем в 8-10 раз больше диаметра защитной трубки, зазор между защитной гильзой и стенкой термопары не заполнен теплоизоляционным материалом, что приводит к переполнению или охлаждению печи. Проникновение воздуха: холодный конец термопары находится слишком близко к корпусу печи, чтобы температура превышала 100 °C, термопару следует устанавливать как можно дальше, чтобы избежать сильных магнитных полей и сильных электрических полей, термопару не следует устанавливать в области, где измеряемая среда редко течет.

(2) Ошибки, вызванные плохой изоляцией

Если термопара изолирована, слишком большое количество грязи или солевого

шлака на защитной трубке и кабельной плате вызывает плохую изоляцию между термопарой и стенкой печи, что является более серьезным при высоких температурах, что не только приведет к потере термоэлектрического потенциала, но и создаст помехи. В результате ошибка может иногда достигать 100 градусов по Цельсию.

(3) Ошибка, вызванная тепловой инерцией

Из-за тепловой инерции термопары значение индикатора прибора отстает от изменения измеренной температуры, что особенно заметно при быстром измерении. Поэтому следует использовать термопары с более тонкими горячими электродами и меньшими диаметрами защитных трубок. Когда позволяет среда измерения температуры, защитную трубку можно даже снять. Из-за задержки измерения амплитуда колебаний температуры, обнаруживаемых термопарой, меньше амплитуды колебаний температуры печи. Чем больше гистерезис измерения, тем меньше амплитуда колебаний термопары и тем больше разница от фактической температуры печи

(4) Ошибка теплового сопротивления

При высокой температуре, если на защитной трубке есть слой угольной золы и к ней прикреплена пыль, тепловое сопротивление увеличивается и препятствует отводу тепла. В это время индикация температуры ниже истинного значения измеренной температуры. Поэтому наружная поверхность защитной трубки термопары должна быть чистой, чтобы избежать ошибок.

Таблица 3. Анализ и лечение распространенных неисправностей

Явление неисправности	возможная причина	Подходить
Термоэлектрический потенциал меньше фактического значения (указанное значение на	Короткое замыкание горячего электрода	Если это вызвано влажностью, высушите ее, если изолятор поврежден, замените изолятор

дисплее прибора низкое)	Зольные отложения на клеммах термопары, вызывающие короткое замыкание	Убирать пыль
	Компенсация короткого замыкания между проводами	Найти точку короткого замыкания, усилить изоляцию или заменить компенсационный провод
	Износ горячего электрода термопары	По вопросу о допустимой длине отрежьте метаморфический срез и заново приварите, или замените на новую термопару
	Компенсационный провод инвертирован с полярностью термопары	Подключите правильно
Термоэлектрический потенциал превышает фактическое значение (указанное значение на дисплее прибора слишком высокое)	Дисплей не совместим с термопарой	Замените термопару, чтобы соответствовать
	Термопара не совместима с компенсационным проводом	Замените компенсационный провод, чтобы соответствовать
	Поступает помеха постоянного тока	Устранить помехи постоянного тока
Тепловая мощность нестабильна	Плохой контакт между клеммой термопары и горячим электродом	Затянуть клеммные винты
	Изоляция измерительной линии термопары повреждена, что вызвало прерывистое короткое замыкание или заземление	Узнайте причину неисправности и отремонтируйте изоляцию
	Установка термопары не сильная или внешняя вибрация	Закрепите термопары, чтобы устранить вибрацию или принять амортизирующие меры
	Горячий электрод не сломается	Отремонтируйте или замените термопару
	Внешние помехи (утечка переменного тока, индукция электромагнитного поля и т. Д.)	Определите источник помех и используйте меры защиты
Термопара с большой	Износ горячего электрода	Заменить горячий электрод

погрешностью термоэлектрического потенциала	Неправильная установка термопары	Изменить место установки
	Площадь поверхности защитной трубки серая	Удалить пыль

Термисторный датчик использует принцип, согласно которому значение сопротивления проводника изменяется в зависимости от температуры для измерения температуры. Тепловое сопротивление широко используется для измерения температуры в диапазоне $-200 \sim 850$ °C, в некоторых случаях низкая температура может быть измерена до 1К, высокая температура до 1000 °C.

2.4 Структурная схема измерителя температуры

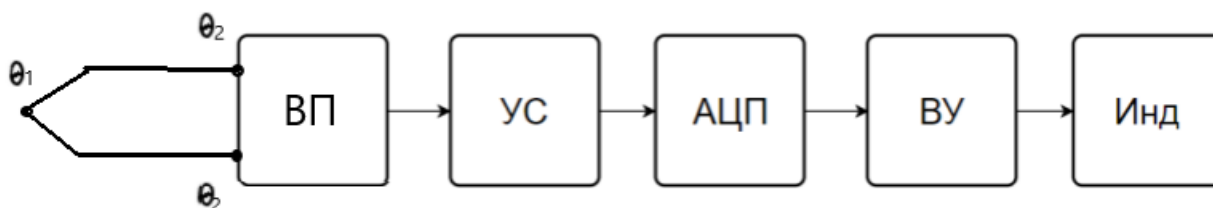


Рисунок15. Структурная схема

ВП - вторичный преобразователь, который переводит естественный выходной сигнал первичного преобразователя (термоэлектрический потенциал) в унифицированный электрический сигнал

УС - усилитель, устройство для усиления входного сигнала

АЦП - устройство для преобразования входного напряжения или электрического потенциала в двоичный цифровой код

ВУ - вычислительное устройство,

Инд - индикатор, устройство, отображающий изменения какого-либо параметра.

2.5 Схема включения термопары

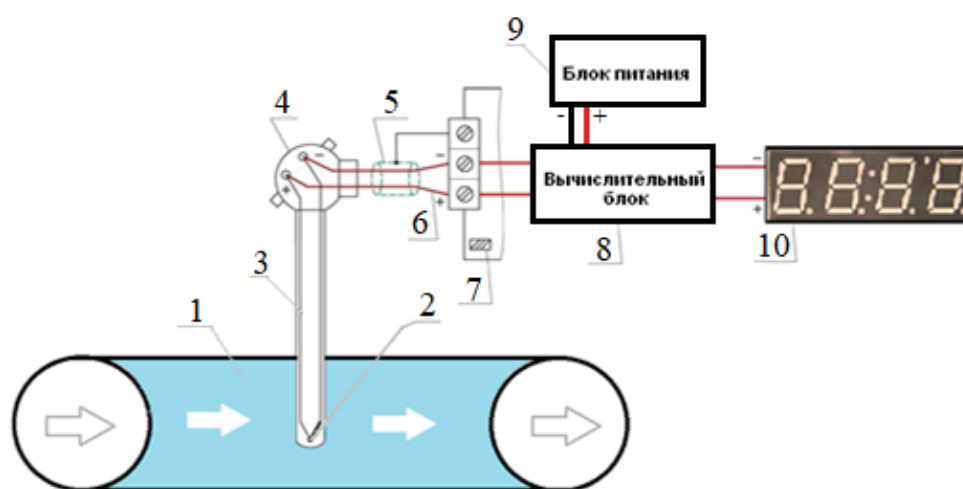


Рисунок 16. Схема измерительного прибора при измерении температуры жидкости в трубопроводе:

1 — трубопровод; 2 — рабочий спай термопары; 3 — термокарман; 4 — сенсорная головка; 5 — экран; 6 — кабель с горячим электродом; 7 — датчик температуры (холодный конец); 8 — вычислительный блок; 9 — блок питания; 10 — цифровой индикатор.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение

4.1 Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл.5.

Таблица 5 – распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Научный руководитель, студент-дипломник,
	3	Выбор варианта исследования и способов анализа	Научный руководитель

	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель
	5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Поиск методов решения	Студент-дипломник, научный руководитель
	7	Реализация моделей	Студент-дипломник,, Научный руководитель
	8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
	10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник
Оформление отчета по НИР			

4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (3.1)$$

Где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (3.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел. Результаты представим в Таблице 5.2.

4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

Где T_{ki} – продолжительность одной работы в календарных днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

Где $T_{\text{кал}}$ - количество календарных дней году (366);

$T_{\text{вых}}$ - количество выходных дней в году (52); $T_{\text{пр}}$ - количество праздничных дней в году [19].

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 52 - 15} = 1,22$$

Данные, полученные по вышеуказанным формулам, заносятся в таблицу 3.

Используя таблицу 6 можно построить календарный план-график выполнения работ (Таблица 7).

Таблица 6 - Временные показатели проведения ВКР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		л-дн	чел-дн	чел-дн	раб-дн	кал-дн	%	%
1	Научный руководитель	7,00	14,00	9,80	10	12	11,32	11,32
2	Научный руководитель, студент-дипломник,	14,00	21,00	16,80	9	11	10,38	21,70
3	Научный руководитель	3,00	7,00	4,60	5	6	5,66	27,36
4	Научный руководитель	4,00	7,00	5,20	5	7	6,60	33,96
5	Руководитель, студент-дипломник	21,00	28,00	23,80	12	15	14,15	48,11
6	Студент-дипломник, научный руководитель	14,00	21,00	16,80	9	11	10,38	58,49
7	Студент-дипломник,, Научный руководитель	8,00	11,00	9,20	5	6	5,66	64,15

8	Студент-дипломник, научный руководитель	14,00	21,00	16,80	9	11	10,38	74,53
9	Руководитель, студент-дипломник	7,00	14,00	9,80	5	6	5,66	80,19
10	Студент-дипломник	14,00	21,00	16,80	17	21	19,81	100,00
ИТОГО						106		

По данным Таблицы 6 построим линейный график проведения НИОКР (Таблица 3), на котором покажем последовательность проводимых работ и сроки выполнения этапов. Календарный план-график составляем по первому исполнению, так как оно занимает меньше времени и является оптимальным для выполнения дипломной работы.

Таблица 7 - Календарный план-график проведения НИОКР

Этап	Вид работы	Исполнители		Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель	11	■	■			
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов и поиск материалов по теме	Научный руководитель, студент-дипломник,	13		■			
					■			
3	Выбор моделей и способов анализа	Научный руководитель	7		■			
4	Календарное Планирование работ	Научный руководитель	8		■			
5	Разработка моделей для	Научный руководитель,	5		■	■		

- (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
 - дополнительная заработная плата исполнителей темы;
 - отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
 - затраты научные и производственные командировки;
 - контрагентные расходы;

4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}$$

где Q - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении диплома;

$N_{расхi}$ - количество материальных ресурсов, планируемых к использованию при выполнении диплома (шт., кг, м и т.д.);

C_i - цена приобретенной единицы -го вида (руб./шт., руб./кг, руб./м и т.д.); k_m - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Для расчета данных материальных затрат выбираем $k_m = 20\%$. [20] Таблица 8 Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Бумага	лист	200	2	460
Ручка	шт.	2	40	80
Тетрадь	шт.	1	50	57,6
Плата	шт.	2	430	968
Стирательная резинка	шт.	1	60	66
Итого:				2121,6

4.2.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. В моей работе не используются специальное оборудование. Следовательно, затрата на специальное оборудование для научных работ не учитываем.

4.2.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в Таблице 5.

Считается:

Заработная плата руководителя: 1.4 тыс. руб./ дн;

Заработная плата студента-дипломника: 0.4 тыс. руб./ дн;

Заработная плата консультанта: 1.4 тыс. руб./ дн.

Таблица 9 - Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.- дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб	
			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель	10	12	1,4		16,8	20,16

2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Научный руководитель, студент-дипломник,	9	12	1,7	18,36	24,48
3	Выбор варианта исследования и способов анализа	Научный руководитель	5	5	1,4	8,4	8,4
4	Календарное планирование работ	Научный руководитель	5	4	1,4	8,4	6,72
5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник	12	12	1,7	24,48	24,48
6	Поиск методов решения	Студент-дипломник, научный руководитель	9	15	1,7	18,36	30,6
7	Реализация моделей	Студент-дипломник,, Научный руководитель	5	11	1,7	10,2	22,44
8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник, научный руководитель	9	5	1,7	18,36	10,2
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник	5	5	1,7	10,2	10,2

10	Составление пояснительной записки	Студент- дипломник	17	17	0,3	6,12	6,12
Итого						139,68	163,8

$$Z_{\text{зи}} = Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}$$

где – основная заработная плата;

– дополнительная заработная плата (12-20 % от).

Для исполнения1: $Z_{\text{ДОПисч1}} = 12\% \cdot Z_{\text{ОСНисч1}} = 16800 \text{ руб}$

Для исполнения 2: $Z_{\text{ДОПисч2}} = 12\% \cdot Z_{\text{ОСНисч2}} = 19700 \text{ руб}$

4.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году, водится пониженная ставка – 30%.[22]

Таблица 10. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
-------------	--	--

	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Руководитель проекта	115920	136080	13900	16400
Студент-дипломник	23760	27720	2900	3300
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3			
Итого				
Исполнение 1	203424			
Исполнение 2	238550			

4.2.5 Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на организацию, управление и обслуживание процесса производства товара, оказания услуги; носят комплексный характер, т.е. включают различные экономические элементы затрат.

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\sum статей) \cdot k_{нр}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

4.2.6 Смета затрат на разработку

Все вышеперечисленные затраты включаются в смету, которая приведена в таблице 11.

Таблица 11 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	

1. Материальные затраты НТИ	2121,6	2121,6	Пункт 5.2.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	-	-	нет затрат
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	139680	163800	Пункт 5.2.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16800	19700	Пункт 5.2.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	46944	55050	Пункт 5.2.4
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	нет затрат
7. Контрагентские расходы	-	-	нет затрат
8. Накладные расходы	32887,296	38507,456	Пункт 5.2.5
9. Бюджет затрат НТИ	238432,9	279179,1	Сумма ст. 1-8

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы

Таблица 12 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп . 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4
4. Энергосбережение	0,20	4	3
5. Надежность	0,25	5	3
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1	4.2	3.3

Таблица 13 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.85	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	3.3
3	Интегральный показатель эффективности	4,94	3.3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,67

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта, по таблице 13 наиболее целесообразный вариант исполнения.